

I CURSO SOBRE MANEJO DE SOLO E ÁGUA
EM PROPRIEDADES AGRÍCOLAS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Período: 4 a 29 de outubro de 1982

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA

José Monteiro Soares

Luíza Teixeira de Lima

José Ilton Fagundes da Rosa

Sistema de irrigação por

1982

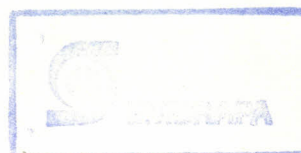
FL 05013



32478 - 1

Petrolina, PE..

1982



CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

CPATSA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA¹

José Monteiro Soares²

Luíza Teixeira de Lima³

José Ilton Fagundes da Rosa³

¹ Trabalho elaborado para o I Curso de Manejo de Água e Solo em Propriedades Agrícolas do Trópico Semi-Árido.

² Pesquisador em Irrigação do CPATSA-EMBRAPA, em Petrolina-PE..

³ Eng^{os} Agrícola pertencentes ao convênio CNPq/EMBRAPA/CPATSA.

- Proibida sua produção total
ou parcial, sem citar a fonte.

Í N D I C E

I	- INTRODUÇÃO.....	02
II	- CARACTERIZAÇÃO.....	02
III	- ALTERNATIVAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	03
IV	- INFORMAÇÕES BÁSICAS NECESSÁRIAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA..	04
V	- DISTRIBUIÇÃO DA TUBULAÇÃO NO CAMPO.....	04
VI	- ROTEIRO PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	05
VII	- EXEMPLOS.....	07
VIII	- LITERATURA CONSULTADA.....	08

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR MANGUEIRA

I - INTRODUÇÃO

Nesse sistema de irrigação a condução e distribuição da água é feita através de tubos de PVC rígido tipo esgoto e de mangueira de plástico transparente. Podendo aplicar-se a exploração da maioria das culturas, principalmente em propriedades onde a disponibilidade de água é mínima.

Dentre as principais vantagens, podemos destacar: pequena perda de água por condução; aplicação localizada da água; a topografia do terreno deve ser apenas regularizada; tubulação de condução e de distribuição totalmente móvel; etc. Como desvantagens, podemos citar: maior tempo de irrigação por unidade de irrigação; custo do manejo da irrigação mais elevado; etc.

II - CARACTERIZAÇÃO

As figuras 1, 2 e 3, mostram modelos esquemáticos de sistemas de irrigação por mangueira para módulos médios irrigáveis de 1 ha. Este sistema de irrigação poderá ser manejado com uma carga hidráulica mínima de 1, em que o tempo de irrigação dependerá principalmente do comprimento do sulco, da tubulação e da mangueira utilizada para a distribuição da água.

Esse sistema poderia ser aplicado a duas condições distintas:

- 1 - Sulcos curtos, retos ou em contornos, nivelados e fechados no final;
- 2 - Sulcos irregulares, retos ou em contornos, mas não nivelados, como também em leirões ou canteiros retos ou em contorno.

O primeiro caso caracteriza-se pela aplicação de água numa das extremidades do sulco, apoiando-se a mangueira na superfície do solo e irrigando-se um sulco por vez/mangueira. Normalmente utilizam-se sulcos cujo comprimento varia de 10 a 15 m. Mas, dependendo da topografia do terreno, estes sulcos poderão alcançar até 30 m de comprimento, o que ocorre para a redução do número de mudanças da tubulação e, consequentemente, dos custos de manejo de irrigação. Nesse caso, a frequência de irrigação pode variar de 4 a 6 dias, dependendo de

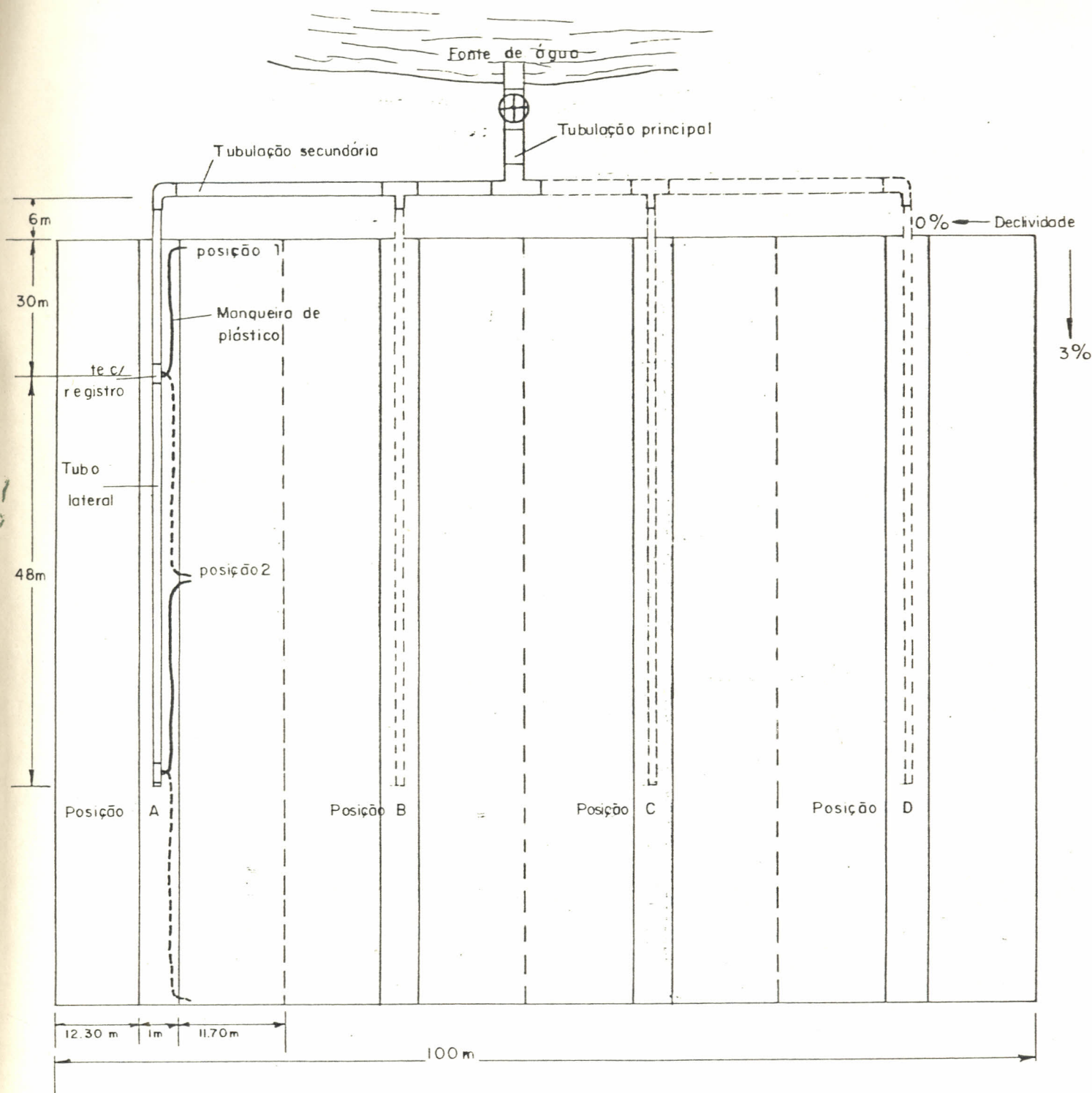


FIGURA 1. Esquema de um sistema de irrigação por mangueira para um módulo médio irrigável de 2,0 ha. segundo a alternativa 1.

tipo de cultura, solo e volume de água aplicado.

O segundo caso caracteriza-se pela aplicação de água em forma de chuva artificial, em que a água é aspergida através de um bico de regador fixado numa das extremidade da mangueira. Isto implica no deslocamento do ponto de emissão de água ao longo dos sulcos e/ou leirões. Nas áreas sulcadas exige-se um espaçamento mínimo entre fileiras de plantas, de modo a reduzir os danos que poderão ser causados pelo deslocamento diário do irrigante entre as fileiras de plantas, durante as irrigações, principalmente quando se trata de culturas altas. Já nas culturas rasteiras este problema pode ser amenizado, tendo em vista a possibilidade de se irrigar quatro ou mais sulcos durante um mesmo deslocamento do ponto de emissão de água. A frequência de irrigação poderá variar de 1 a 3 dias, dependendo da cultura, solo e lâmina de água aplicada.

O dimensionamento de um sistema de irrigação para módulos de 2 ou mais hectares poderá basear-se nos esquemas apresentados pelas Figuras 1, 2 e 3, disciplinado pelo tamanho do módulo desejado, localização do ponto de tomada de água, forma da área disponível, tipo de solo etc.

III - ALTERNATIVAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Dentro as alternativas que devem ser levadas em consideração para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação, podemos destacar as seguintes:

- 1 - Sem necessidade de bombeamento;
- 2 - Com necessidade de bombeamento e sem reservatório;
- 3 - Com necessidade de bombeamento e com reservatório.

A alternativa 1 implica na disponibilidade de um ponto de tomada de água com carga hidráulica (barreiros, açudes, poços jorrantes, etc.) suficiente para o funcionamento de sistemas de irrigação de baixa pressão. Figura 1.

A alternativa 2 refere-se a um sistema que requer o bombeamento direto da água entre o ponto de tomada e a parcela. Figura 2.

A alternativa 3 se caracteriza pela necessidade de um bombeamento intermitente da água para um reservatório que se localiza no ponto mais elevado da área a ser irrigada. Para efeito de cálculo dos custos, considerou-se um reservatório situado a uma distância de 100 m da fonte de água e com uma capacidade

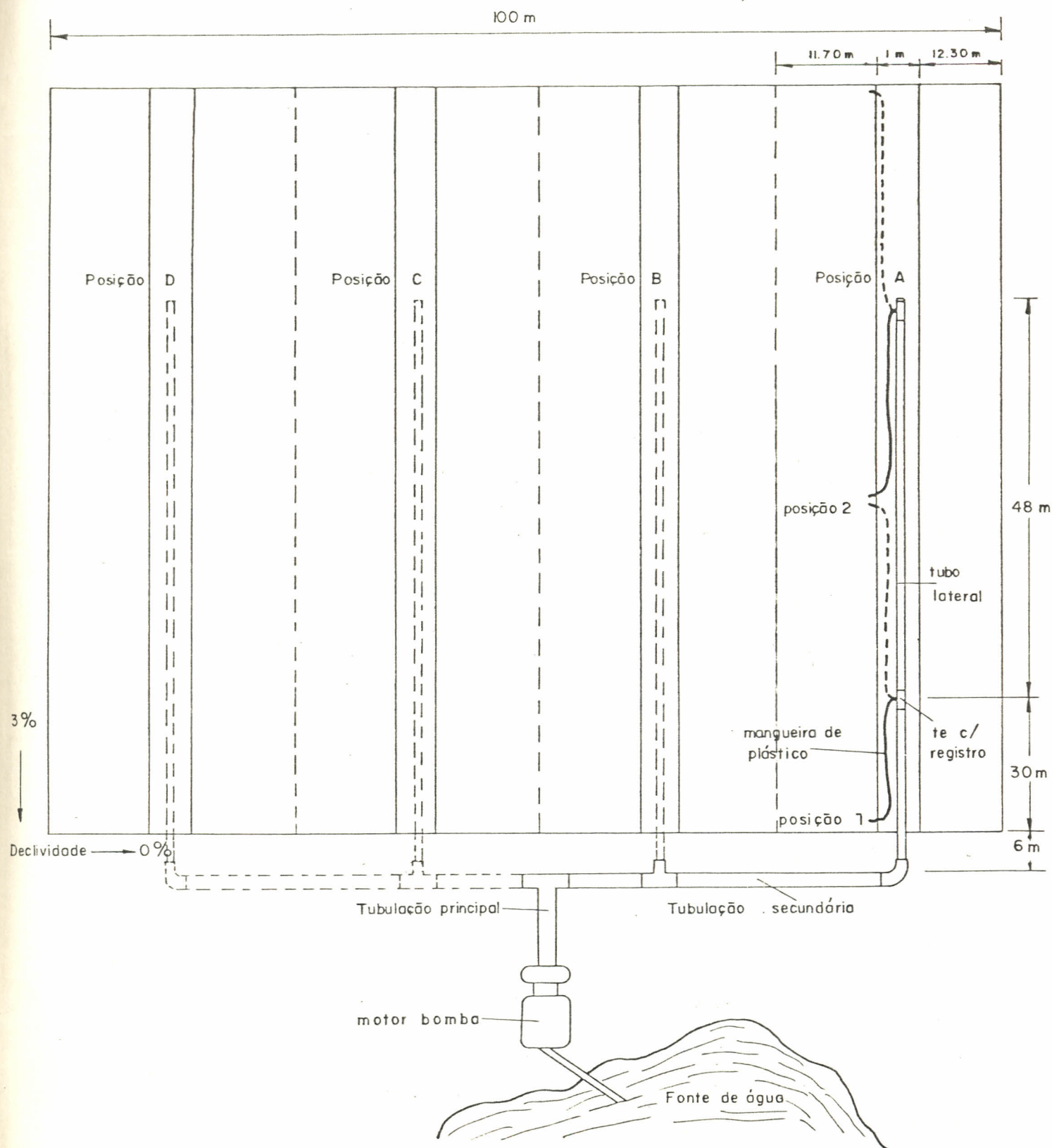


FIGURA 2. Esquema de um sistema de irrigação por mangueira para um módulo médio irrigável de 2,0 ha. segundo a alternativa 2.

de 50 m³; em sua base deve ser instalado o ponto de tomada de água. Figura 3.

IV - INFORMAÇÕES BÁSICAS NECESSÁRIAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO PROJETO :

- a) Texturas do solo e do subsolo
- b) Profundidades efetivas do solo e do sistema radicular
- c) Curva de retenção de umidade ou na falta a capacidade de campo e ponto de murcha permanente
- d) Curva de infiltração
- e) Levantamento topográfico
- f) Limitações gerais da área
- g) Tipo de cultura
- h) Evapotranspiração do cultivo
- i) Eficiência de irrigação (> 90%)
- j) Nível de água disponível no solo
- k) Horas de trabalho por dia na propriedade

V - DISTRIBUIÇÃO DAS TUBULAÇÕES NO CAMPO

- a) Localização e tipo de fonte de água

Localização do Poço - Deve ser localizado o mais próximo possível do centro do campo, para permitir uma mobilidade econômica das tubulações;

Canais - Estudar a viabilidade de usar parte do canal, de modo a reduzir o custo da tubulação principal e/ou estudar a possibilidade do uso de motobomba portátil;

Rios - a casa da motobomba deve, ficar o mais próximo possível da parte central da área;

Energia - aproveitar o máximo possível a energia gravitacional disponível.

Tamanho e forma da área - Quadricular a área de modo a usar múltiplas rotações, o que implica numa economia de mão-de-obra.

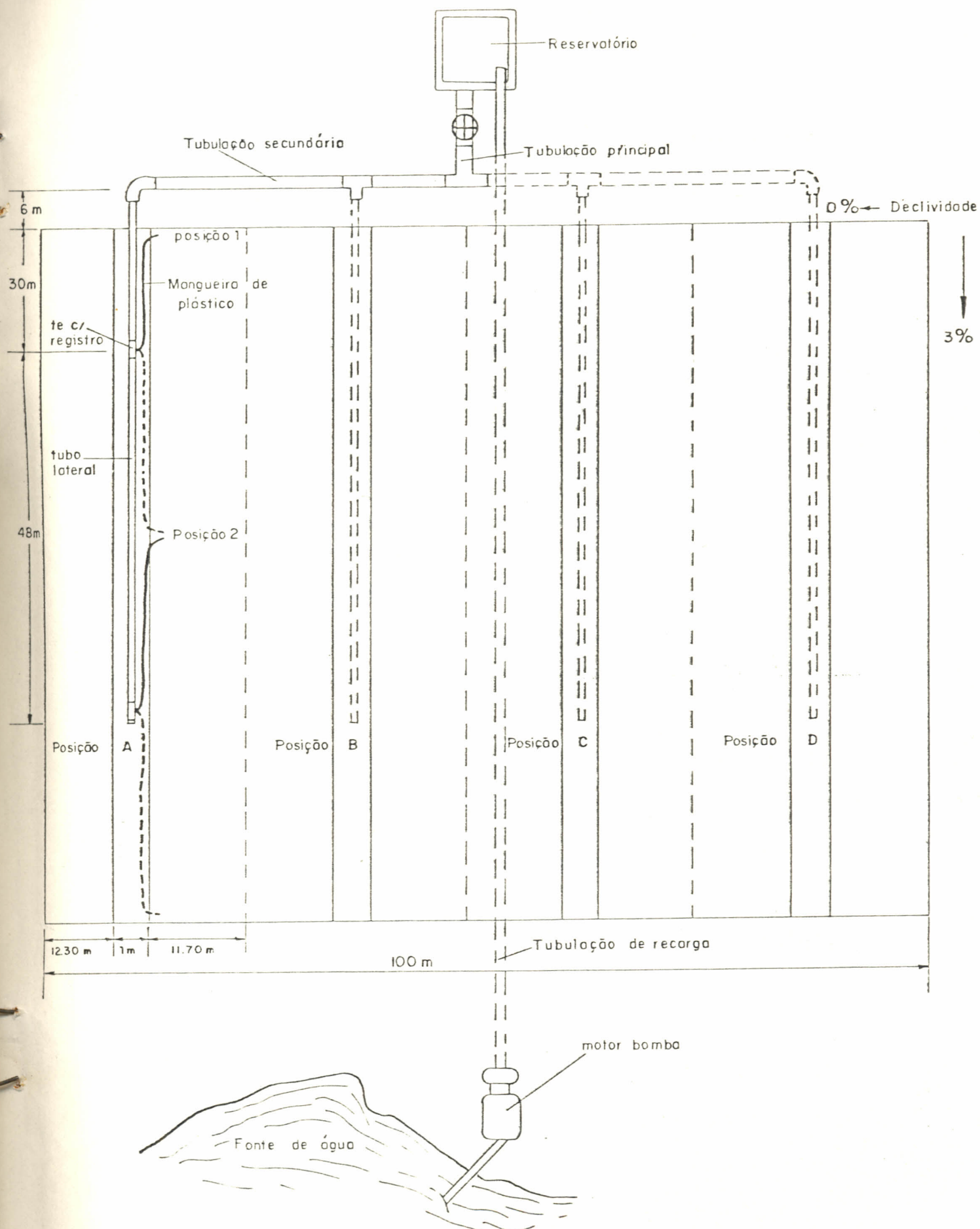


FIGURA 3. Esquema de um sistema de irrigação por mangueira para um módulo médio irrigável de 2,0 ha. segundo alternativa 3

VI - ROTEIRO PARA O DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Quantidade real necessária de água

$$QRN = 10 \frac{CC - PMP}{100} \times da \times K \times H \quad \text{eq. (1)}$$

em que:

QRN = Quantidade real necessária de água (mm)

CC = Capacidade de campo em base seca (%)

PMP = Ponto de murcha permanente em base seca (9%)

da = Densidade aparente (g/cm³)

K = Nível de água disponível no solo (%)

H = Profundidade efetiva das raízes (cm)

Quantidade total necessária de água

$$QTN = QRN \frac{1}{Ei} \quad \text{eq. (2)}$$

em que:

QTN = Quantidade total necessária de água (mm)

Ei = Eficiência de irrigação (%)

Turno de rega em frequência de irrigação.

$$TR = \frac{QRN}{ETc} \quad \text{eq. (3)}$$

em que:

TR = Turno de rega (dias)

ETc = Evapotranspiração crítica do cultivo (mm/dia).

Volume de água aplicado por sulco por irrigação

$$VAS = QTN \times Am.$$

em que:

VAS - Volume de água aplicado por sulco por irrigação (1)

A_m = Área molhada por sulco. (m^2). Para solos da classe oxissol a largura da faixa molhada por sulco, é de 70 a 80 cm, sob condições normais de irrigação.

Período de irrigação: é o número de dias necessários para irrigar todo o projeto.

Este fator é importante no dimensionamento do projeto. Quanto menor a relação PI/TR, mais elevado será o custo do sistema. O intervalo de tempo entre PI e TR deve ser defazado de no máximo um dia.

Número de sulcos irrigados por mangueira e por vez

Para simplicidade do sistema e do manejo recomenda-se a irrigação de um sulco por vez por mangueira.

Vazão por mangueira

A vazão por mangueira (Q_m) é função da carga hidráulica disponível; das perdas de carga ao longo das tubulações de condução e de distribuição e desnível do terreno.

Tempo de irrigação por sulco

$$TIS = \frac{VAS}{Q_m} \quad \text{eq. (4)}$$

em que:

TIS = Tempo de irrigação por sulco (minuto)

Número de sulcos irrigados por dia e por mangueira

$$NSID = \frac{h}{TIS} \quad \text{eq. (5)}$$

em que:

NSID = Número de sulcos irrigados por dia

h = Horas de trabalho por dia.

Número total de sulcos do projeto.

$$NTS = NSU \times n \quad \text{eq. (6)}$$

em que:

NTS = Número total de sulcos do projeto

NSU = Número de sulcos por unidade de irrigação

n = Número de unidade de irrigação.

Número de mangueiras necessárias em funcionamento simultâneo.

$$NMF = \frac{NTS}{NSID \times PI} \quad \text{eq. (7)}$$

em que:

NMF = Número de sulcos em funcionamento simultâneo

Vazão total do sistema

$$Q_T = Q_m \times N \quad \text{eq. (8)}$$

em que:

Q_T = vazão total do sistema (l/h)

N = Número de mangueira em funcionamento simultâneo

Dimensionamento de mangueira

O dimensionamento da mangueira consiste na determinação do diâmetro, perdas de carga por atrito ao longo da mangueira, ganho ou perda de energia devido a declividade do terreno na direção da mangueira e pressão no início da mangueira.

a) Perda de carga por atrito

Os cálculos das perdas de carga devido ao atrito devem ser realizadas apenas para a condição mais crítica de funcionamento. A perda de carga é dado por:

$$h_f = J.L.$$

eq. (9)

em que:

h_f = Perda de carga total devido ao atrito (m)

J = Perda de carga relativa (m/100 m).

L = Comprimento da mangueira (m)

a) Desnível do terreno

Como é sabido, o desnível do terreno concorre para o aumento ou redução da quantidade de energia disponível no interior da mangueira. Quando a água é bombeada contra a pendente do terreno, o desnível do terreno deve ser somado a perda de carga total, caso contrário deve ser subtraído. O desnível do terreno é dado por:

$$\Delta S = \frac{L}{100} \times S \quad \text{eq. (10)}$$

em que:

ΔS = Desnível do terreno (m)

S = Declividade de terreno na direção da mangueira (%)

L = Comprimento da mangueira. (m)

b) Pressão ao início da mangueira

A pressão no início da mangueira é função das perdas de carga por atrito e do desnível do terreno ou seja:

$$h_m = h_f \pm \Delta S \quad \text{eq. (11)}$$

em que:

h_m = Pressão no início da mangueira (m).

Dimensionamento da linha de distribuição

O dimensionamento da linha de distribuição compreende a determinação do diâmetro, perdas de carga ao longo da tubulação devido ao atrito, ganho ou

perda de energia devido ao desnível do terreno e pressão no início da linha.

a) Perda de Carga por atrito

O cálculo das perdas de carga ao longo da linha de distribuição compreende a divisão da tubulação em trechos dependendo da vazão. Deste modo, a perda de carga por atrito é dada por:

$$hf = hf_1 + hf_2 + \dots + hf_n = J_1 L_1 + J_2 L_2 + \dots + J_n L_n \quad \text{eq. (12)}$$

em que:

hf = Perda de carga total devido ao atrito (m)

hf_1, hf_2, \dots, hf_n = Perdas de cargas parciais devido ao atrito em cada trecho da tubulação (m)

J_1, J_2, \dots, J_n = Perdas de cargas relativas em cada trecho da tubulação (m/100 m).

L_1, L_2, \dots, L_n = Comprimento de cada trecho da tubulação (m).

b) Desnível do terreno

O desnível do terreno é dado por:

$$\Delta S = S \times \frac{L}{100} \quad \text{eq. (13)}$$

em que:

ΔS = Desnível do terreno na linha de distribuição (m)

S = Declividade do terreno na direção da linha de distribuição (%)

L = Comprimento da linha de distribuição (m).

c) Pressão no início da linha de distribuição

A pressão no início da linha de distribuição é função da pressão no início da mangueira, das perdas devido ao atrito e do desnível do terreno ao longo da linha de distribuição, ou seja:

$$h_{ld} = h_m + h_f \pm \Delta S. \quad \text{eq. (14)}$$

em que:

h_{ld} = Pressão no início da linha de distribuição (m).

Dimensionamento da linha principal

O dimensionamento da linha principal abrange a determinação do diâmetro, perdas de carga devido ao atrito, ganho ou perda de energia devido ao desnível do terreno na direção desta linha e pressão no início da linha principal.

a) Perda de carga por atrito

A perda de carga por atrito é dada por:

$$H_f = J \cdot L. \quad \text{eq. (15)}$$

em que:

H_f = Perda de carga devido ao atrito ao longo da tubulação principal.
(m).

J = Perda de carga relativa (m/100m).

L = Comprimento da tubulação principal (m).

b) Desnível do terreno

O desnível do terreno é dado por:

$$\Delta S = S \frac{L}{100} \quad \text{eq. (16)}$$

em que:

ΔS = Desnível do terreno na direção da linha principal (m).

S = Declividade do terreno na direção da linha principal (%)

L = Comprimento da linha principal (m).

c) Pressão no início da linha principal

A pressão no início da linha principal é função da pressão no início da linha de distribuição, perda de carga por atrito e do desnível do terreno. Ou seja:

$$HLp = hld + Hf \pm \Delta S. \quad \text{eq. (17)}$$

em que:

$$HLp = \text{Pressão no início da linha principal (m).}$$

Determinação da Altura manométrica necessária

A altura manométrica necessária é função da pressão no início da linha principal e da altura de sucção. Ou seja:

$$Hm = f. HLp \quad \text{eq. (18)}$$

em que:

$$Hm = \text{Altura manométrica necessária (m)}$$

$$f = \text{Fator de correção e de extra capacidade igual a 1,155.}$$

No dimensionamento de projeto de irrigação segundo as alternativas 1 e 3, o objetivo final é a determinação da altura do reservatório de água, que deve ser localizado no ponto mais elevado do terreno. Mas a altura do reservatório não deve ser superior a 3 m, por motivos econômicos, condição esta que pode limitar a vazão média da mangueira, assim como o número de mangueira em funcionamento simultâneo.

A seleção de tubos com maior diâmetro (3 ou 4") implicará na redução das perdas de carga por atrito, que para uma mesma declividade do terreno resultará na redução da altura do reservatório. Por outro lado, para uma mesma perda de carga por atrito, a redução da declividade do terreno, implicará no aumento da altura do reservatório. Assim, para um maior desempenho do sistema de irrigação, as linhas de distribuição e principal devem ser projetadas, de modo que a perda de carga por atrito seja anulada pelo ganho de energia devido a declividade, separadamente para cada linha. Deste modo, a altura necessária do reservatório será a menor possível.

Seleção do conjunto motobomba

A seleção do conjunto motobomba é feita em função da altura manométrica necessária e da vazão total do sistema, através de âbacos de curvas de bomba, específicas para cada fabricante. Deve-se evitar a seleção de bomba, que apresente rendimento inferior a 60%.

VII - Exemplo:

a) Fatores devido ao solo.

CC = 15%

PMP = 7%

da = 1,5 g/cm³

b) Fatores devido a planta

Cultura: Capineira elefante

Profundidade = 7 mm/dia

c) Dados Gerais:

Declividade longitudinal do terreno = 3%

Horas de trabalho por dia = 12 h

Largura da faixa por sulco = 0,80 m

Alternativa de bombeamento = 2

Vazão disponível para irrigação = 6 l/s.

Qualidade da água de irrigação = C₃ S₁

Eficiência de irrigação = 90%

Comprimento do sulco = 12 m.

Espaçamento entre sulcos = 1,2 m.

Dimensões da área = 204m x 102m.

d) Dimensionamento do sistema

1.d) Cálculo da quantidade real necessária de água

TABELA . Custo de implantação de um sistema de irrigação por sulcos utilizando mangueira para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha - julho/82 (Petrolina-PE)

ALTERNATIVA 2 - Tomada de água com necessidade de bombeamento.

Espaçamento entre sulcos = 1,20 m

Vazão aplicada por sulco = 2,0 l/s

Frequência de irrigação = 4 dias

Culturas: milho, feijão, tomate, fruteiras etc.

Vazão total = 28,8 m³/h

Tempo de irrigação por sulco = 2 min.

Largura do módulo = 200 m

Comprimento do sulco = 12 m

Nº de sulcos irrigados por vez = 4

Altura manométrica = 15 m

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANT.	VALOR	
			Cr\$	U.S.\$*
- Mangueira plástica transparente c/l 1/2" de \varnothing e parede de 2 mm de espessura.	m	240	72.000,00	403
- Registro de gaveta c/l 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	18.400,00	103
- Nípel de polietileno c/l 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	600,00	3
- Braçadeira para mangueira plástica de 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	6.800,00	38
- Cano de PVC rígido tipo esgoto de 3 m de comprimento e 3" de \varnothing .	Unid.	126	74.200,00	415
- Anéis de vedação de borracha de 3" de \varnothing .	Unid.	146	4.400,00	25
- Tampão final de PVC rígido tipo esgoto de 3" de \varnothing .	Unid.	04	360,00	2
- Tê de PVC rígido tipo esgoto c/ redução de 3 para 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	3.300,00	18
- Tê de PVC rígido tipo esgoto c/ 3" de \varnothing .	Unid.	06	2.400,00	13
- Curva de PVC rígido tipo esgoto com 3" de \varnothing .	Unid.	04	1.880,00	11
- Conjunto motobomba centrífuga KSB modelo ETA - 50-20, rotor 200 mm, 1680 rpm e motor yanmar NSB-50 de 5,0 cv.	Unid.	01	411.596,00	2.305
- Mangote de sucção com 5 m de comprimento 2" de \varnothing , válvula de pé, nípel e braçadeira.	Unid.	01	10.600,00	59
- Registro de gaveta de 2" de \varnothing .	Unid.	01	4.100,00	23
- Instalação do sistema.	H/D**	04	2.200,00	12
T O T A L			612.836,00	3.430

* 1 dólar = Cr\$ 178,57

ORTN = Cr\$ 1.976,41

** H/D = Homem/Dia = Cr\$ 550,00

(Diária - Petrolina-PE)

$$QTN = 10 \frac{15-7}{100} \times 1,58 \text{ g/cm}^3 \times 0,50 \times 60\text{m} = 37,92 \text{ mm.}$$

2.d) Cálculo da quantidade total necessária de água

$$QTN = 37,92 \text{ mm} \frac{1}{0,90} = 42,13 \text{ mm.}$$

3.d) Cálculo do turno de rega

$$TR = \frac{37,92 \text{ mm}}{7} = 5,42 \sim 5 \text{ dias} \Rightarrow PI=5 \text{ dias}$$

4.d) Cálculo do volume de água aplicado por sulco

$$VAS = 42,13 \text{ mm} \times 12\text{m} \times 0,8\text{m} = 404 \text{ l}$$

5.d) Vazão média da mangueira = 2 l/s

6.d) Cálculo do tempo de irrigação por sulco

$$TIS = \frac{404 \text{ l}}{2 \text{ l/s}} = 3,37 \text{ min/sulco}$$

7.d) Cálculo do número de sulcos irrigados por dia e por mangueira.

$$NSD = \frac{12 \text{ horas}}{3,37 \text{ min/sulco}} = 213 \text{ sulcos}$$

8.d) Cálculo do número total de sulcos do projeto

$$NTS = 166 \times 8 = 1328 \text{ sulcos.}$$

9.d) Cálculo do número de mangueiras em funcionamento simultâneo.

$$NMF = \frac{1328 \text{ sulcos}}{213 \times 5} = 1,15 \sim 2 \text{ mangueira}$$

10.d) Cálculo da vazão total do sistema

$$QT = Q_m \times N = 2 \text{ l/s} \times 2 = 4 \text{ l/s} = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

11.d) Dimensionamento da mangueira

Para $\varnothing = 1 \frac{1}{2}"$ e $Q_m = 120 \text{ l/min.} \Rightarrow J = 5,69 \text{ m/100. Tabela 1.}$

$$h_f = J \cdot L = \frac{5,69 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 25 \text{ m} = 1,32 \text{ m.}$$

$$\Delta S = S \times \frac{1}{100} = 3 \text{ m} \times \frac{25 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 0,75 \text{ m.}$$

Pressão no início da mangueira:

$$h_m = h_f \pm \Delta S = 1,32 \text{ m} + 0,75 \text{ m} = 2,07 \text{ m.}$$

12.d) Dimensionamento da linha de distribuição

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_1 = 7,2 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 0,36 \text{ m/100. Figura 4.}$

$$h_{f1} = J_1 \cdot L_1 = \frac{0,36 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 48 \text{ m} = 0,17 \text{ m.}$$

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_2 = 14,4 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 1,4 \text{ m/100m. Figura 4.}$

$$h_{f2} = J_2 \cdot L_2 = \frac{1,4 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 24 \text{ m} = 0,35 \text{ m.}$$

$$h_f = h_{f1} + h_{f2} = 0,17 + 0,35 = 0,52 \text{ m.}$$

$$\Delta S = S \times \frac{1}{100} = 3 \text{ m} \times \frac{72 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 2,16 \text{ m.}$$

Pressão no início da linha de distribuição

$$h_{ld} = h_m + h_f \pm \Delta S = 2,07 + 0,52 + 2,16 = 4,75 \text{ m.}$$

13.d) Dimensionamento da tubulação principal

Para $\varnothing = 3"$ e $Q_T = 14,4 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 1,4 \text{ m/100m. Figura 4.}$

TUBO DE 3/4" • Diâmetro interno = 21 mm			TUBO DE 1" • Diâmetro interno = 25,2 mm			TUBO DE 1" • Diâmetro interno = 27 mm			TUBO DE 1 1/4" • Diâmetro interno = 33,4 mm		
Q	V	J	Q	V	J	Q	V	J	Q	V	J
0,30	0,87	0,01	1,8	2,88	0,02	1,8	3,14	0,02	3,0	3,12	0,01
0,60	1,73	0,02	2,4	3,84	0,03	2,4	4,19	0,03	3,6	3,74	0,03
1,20	3,46	0,04	3,0	4,80	0,06	3,0	5,24	0,07	4,2	4,37	0,04
1,80	5,20	0,06	3,6	5,76	0,08	3,6	6,29	0,09	4,8	4,99	0,04
2,40	6,93	0,15	4,2	6,72	0,10	4,2	7,34	0,12	5,4	5,61	0,05
3,00	8,66	0,22	4,8	7,69	0,12	4,8	8,38	0,15	6,0	6,24	0,06
3,60	10,39	0,30	5,4	8,65	0,15	5,4	9,43	0,18	12,0	12,47	0,21
4,20	12,13	0,39	6,0	9,61	0,18	6,0	10,48	0,22	18,0	18,71	0,43
4,80	13,86	0,49	12,00	19,21	0,59	12,0	20,96	0,72	24,0	24,95	0,71
5,40	15,59	0,60	18,00	28,82	1,19	18,0	31,44	1,46	30,0	31,18	1,04
6,00	17,32	0,72	24,00	38,43	1,97	24,0	41,92	2,42	45,0	46,77	2,13
7,20	20,79	0,98	30,00	48,03	2,91	30,0	52,40	3,58	60,0	62,36	3,54
8,40	24,25	1,28	45,00	72,05	5,96	45,0	78,60	7,33	90,0	93,54	7,26
9,60	27,72	1,61	60,00	96,06	9,92	60,0	104,79	12,20	120,0	124,73	12,12
10,80	31,18	1,98	90,00	144,10	20,40	90,00	157,19	25,11	150,0	155,91	18,07
12,00	34,65	2,38	120,00	192,13	34,10	120,0	209,59	42,00	180,0	187,09	25,04
15,00	43,31	3,51	150,00	240,16	50,86	150,0	261,98	62,65	210,0	218,27	33,02
18,00	51,97	4,83	180,00	288,19	70,56	180,0	314,38	86,92	240,0	249,45	41,98
21,00	60,63	6,33							270,0	280,63	51,89
24,00	69,29	8,01							300,0	311,81	62,73
27,00	77,95	9,85									
30,00	86,61	11,86									
36,00	103,94	16,37									
42,00	121,26	21,51									
48,00	138,58	27,27									
54,00	155,91	33,62									
60,00	173,23	40,55									
72,00	207,88	56,13									

TUBO DE 1 1/2" • Diâmetro interno = 41,3 mm			TUBO DE 2" • Diâmetro interno = 50,8 mm			TUBO DE 3" • Diâmetro interno = 76,2 mm			TUBO DE 4" • Diâmetro interno = 101,6 mm		
Q	V	J	Q	V	J	Q	V	J	Q	V	J
4,8	3,64	0,02	6,0	2,83	0,01	12,0	2,79	0,01	30,0	3,98	0,01
5,4	4,09	0,03	12,0	5,65	0,03	18,0	4,19	0,01	45,0	5,97	0,02
6,0	4,54	0,03	18,0	8,48	0,07	24,0	5,58	0,02	60,0	7,95	0,03
12,0	9,09	0,10	24,0	11,30	0,11	30,0	6,98	0,03	90,0	11,93	0,05
18,0	13,63	0,20	30,0	14,13	0,16	45,0	10,46	0,06	120,0	15,91	0,09
24,0	18,18	0,33	45,0	21,19	0,32	60,0	13,95	0,10	150,0	19,89	0,13
30,0	22,72	0,49	60,0	28,25	0,54	90,0	20,93	0,20	180,0	23,86	0,18
45,0	34,08	1,00	90,0	42,38	1,10	120,0	27,90	0,34	210,0	27,84	0,24
60,0	45,45	1,66	120,0	56,50	1,83	150,0	34,88	0,50	240,0	31,82	0,30
90,0	68,17	3,41	150,0	70,63	2,72	180,0	41,85	0,70	270,0	35,79	0,37
120,0	90,89	5,69	180,0	84,76	3,76	210,0	48,83	0,92	300,0	39,77	0,45
150,0	113,61	8,47	210,0	98,88	4,95	240,0	55,80	1,16	360,0	47,73	0,62
180,0	136,34	11,73	240,0	113,01	6,29	270,0	62,78	1,43	420,0	55,68	0,82
210,0	159,06	15,47	270,0	127,14	7,77	300,0	69,75	1,73	480,0	63,64	1,05
240,0	181,78	19,65	300,0	141,26	9,38	360,0	83,70	2,40	540,0	71,59	1,29
270,0	204,51	24,28	360,0	169,51	13,02	420,0	97,66	3,16	600,0	79,54	1,56
300,0	227,23	29,35	420,0	197,77	17,19	480,0	111,61	4,02	720,0	95,45	2,16
360,0	272,67	40,76	480,0	226,02	21,86	540,0	125,56	4,97	840,0	111,36	2,86
420,0	318,12	53,83	540,0	254,27	27,04	600,0	139,51	6,01	960,0	127,27	3,64
480,0	363,57	68,51	600,0	282,52	32,71	720,0	167,41	8,34	1080,0	143,18	4,50
						840,0	195,31	11,02	1200,0	159,09	5,44
						960,0	223,21	14,03	1320,0	175,00	6,47
						1080,0	251,11	17,36	1440,0	190,91	7,57
						1200,0	279,02	21,02	1560,0	206,82	8,75
									1680,0	222,72	10,01
									1800,0	238,63	11,34

Q	=	vazão (litros/minuto)	V	=	velocidade (metros/minuto)	J	=	perda de carga m.c.a./100 m
---	---	-----------------------	---	---	----------------------------	---	---	-----------------------------

Tabela 1. Perdas de carga por atrito em tubos de polietileno de baixa densidade.

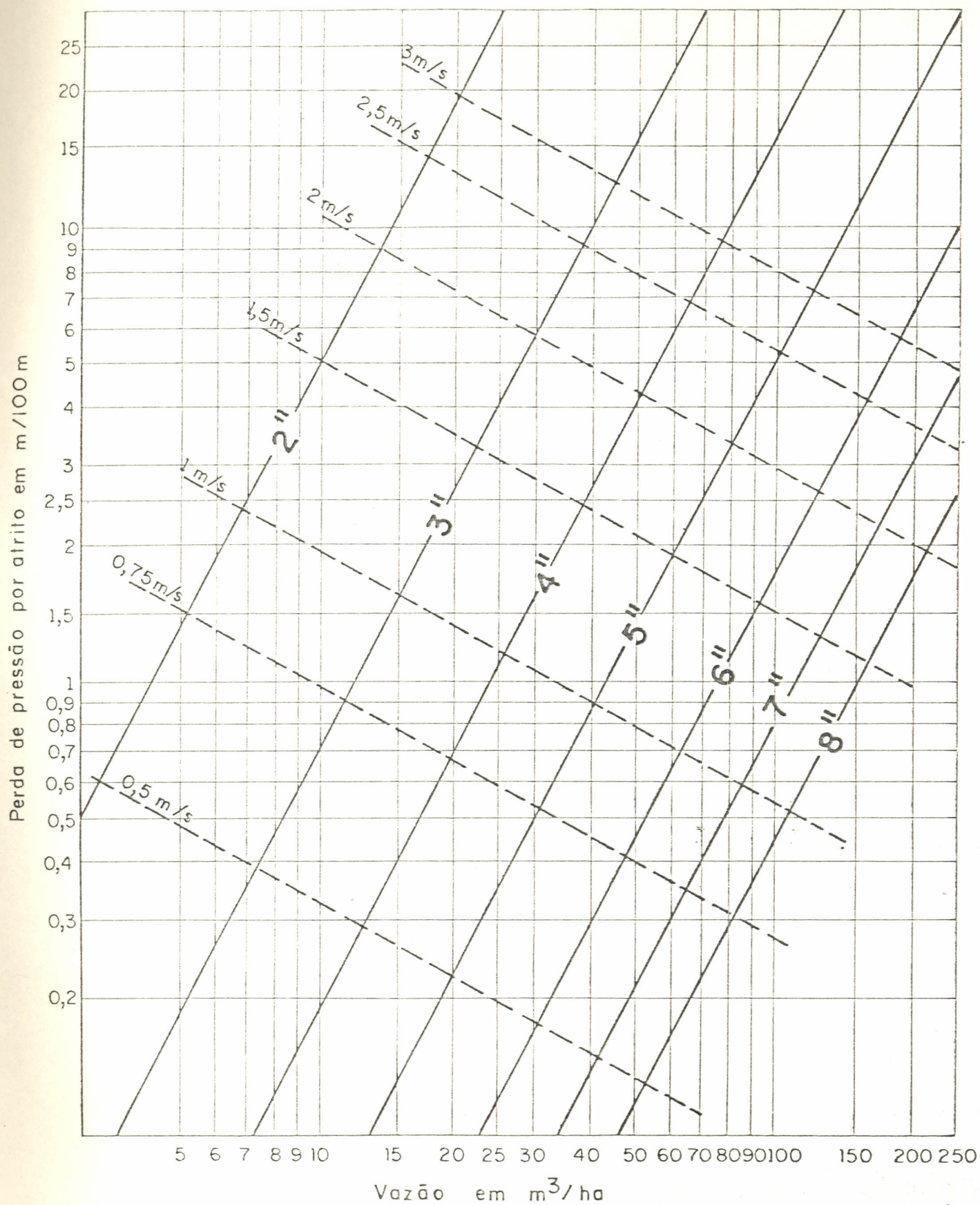


FIG. 4 Perda de pressão por atrito na tubulação de alumínio com engates rápidos.

$$H_f = J L = \frac{1,4 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 102 \text{ m} = 1,43 \text{ m}.$$

$$\Delta S = S \cdot \frac{L}{100} = 0 \text{ m} \times \frac{90 \text{ m}}{100 \text{ m}} + 3 \text{ m} \times \frac{12 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 0,36 \text{ m}.$$

Pressão no início da linha principal:

$$H_{Lp} = h_{ld} + H_f + \Delta S = 4,75 + 1,43 + 0,36 = 6,54 \text{ m}.$$

14.d) Cálculo da altura manométrica necessária

$$H_m = f (H_{Lp} + H_s) = 1,155 (6,54 + 3,0) = 11,02 \text{ m}.$$

15.d) Seleção do conjunto motobomba

Condição: altura manométrica (11,02m) x vazão ($14,4 \text{ m}^3/\text{h}$).

Conclusão: conjunto motobomba composto de uma bomba centrífuga KSB, modelo ETA 40-16 de 1680 rpm com rotor de 160 mm de \varnothing acoplado a um motor diesel yanmar modelo NSB-50.

Dimensionamento de um projeto de irrigação segundo a alternativa 1.

Assumindo os dados do exemplo anterior, poderemos iniciar os cálculos pelo dimensionamento da mangueira.

15.d) Dimensionamento da mangueira

Para $\varnothing = 1 \frac{1}{2}''$ e $Q_m = 120 \text{ l/min} \Rightarrow J = 5,69 \text{ m/100 m}.$

$$h_f = \frac{5,69 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 25 \text{ m} = 1,32 \text{ m}.$$

$$\Delta S = 3 \text{ m} \times \frac{25 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 0,75 \text{ m}.$$

Pressão no início da mangueira

$$h_m = 1,32 + 0,75 = 2,07 \text{ m}.$$

TABELA 1 - Custo de implantação de um sistema de irrigação por sulcos utilizando mangueira para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha - julho/82 (Petrolina-PE)

ALTERNATIVA 1 - Tomada de água sem necessidade de bombeamento.

Espaçamento entre sulcos = 1,20 m Tempo de irrigação por sulco = 6 min.
 Vazão aplicada por sulco = 2,0 l/s Largura do módulo = 200 m
 Frequência de irrigação = 6 dias Comprimento do sulco = 12 m
 Culturas: milho, feijão, tomate, fruteiras etc. Nº de sulcos irrigados por vez = 4

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANT.	VALOR	
			Cr\$	U.S.\$*
- Mangueira plástica transparente c/ 1 1/2" de \varnothing e parede de 2 mm de espessura.	m	240	72.000,00	403
- Registro de gaveta de bronze com rosca de 3" de \varnothing .	Unid.	01	9.973,00	56
- Nípel de polietileno c/ 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	16	2.400,00	13
- Braçadeira para mangueira plástica de 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	16	4.992,00	28
- Cano de PVC rígido tipo esgoto de 3 m de comprimento e 3" de \varnothing .	Unid.	126	74.200,00	416
- Anéis de vedação de borracha de 3" de \varnothing .	Unid.	146	4.400,00	25
- Tampão final de PVC rígido tipo esgoto de 3" de \varnothing .	Unid.	04	360,00	2
- Tê de PVC rígido tipo esgoto c/ redução de 3 para 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	3.300,00	18
- Tê de PVC rígido tipo esgoto c/ 3" de \varnothing .	Unid.	06	400,00	2
- Curva de PVC rígido tipo esgoto c/ 3" de \varnothing .	Unid.	04	1.900,00	11
- Nípel de PVC rígido rosca-rosca com 3" de \varnothing .	Unid.	01	500,00	3
- Braçadeiras para tubos de 3" de \varnothing .	Unid.	01	401,00	2
- Luva de PVC rígido c/ rosca de 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	2.336,00	13
- Instalação do sistema.	H/D**	04	2.200,00	12
T O T A L			179.362,00	986

* 1 dólar = Cr\$ 178,57

ORTN = Cr\$ 1.976,41

** H/D = Homem/Dia = Cr\$ 550,00

(Diária - Petrolina-PE)

16.d) Dimensionamento da linha de distribuição:

$$\text{Para } \varnothing = 3'' \text{ e } Q_1 = 14,4 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_1 = 1,4\text{m}/100\text{m}$$

$$hf_1 = \frac{1,4 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 24\text{m} = 0,35\text{m}.$$

$$\text{Para } \varnothing = 3'' \text{ e } Q_2 = 7,2 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J_2 = 0,36 \text{ m}/100\text{m}.$$

$$hf_2 = \frac{0,36 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 48\text{m} = 0,17\text{m}.$$

$$hf = 0,35 + 0,17 = 0,52\text{m}.$$

$$\Delta S = 3\text{m} \times \frac{72 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 2,16\text{m}.$$

Pressão no início da linha de distribuição

$$hld = 2,07 + 0,52 - 2,16 = 0,43\text{m}.$$

17.d) Dimensionamento da linha principal

$$\text{Para } \varnothing = 4'' \text{ e } Q_T = 14,4 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 0,37 \text{ m}/100\text{m}$$

$$Hf = \frac{0,37 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 102\text{m} = 0,38\text{m}.$$

$$\Delta S = 0\text{m} \times \frac{90 \text{ m}}{100 \text{ m}} + 3\text{m} \times \frac{12 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 0,36\text{m}.$$

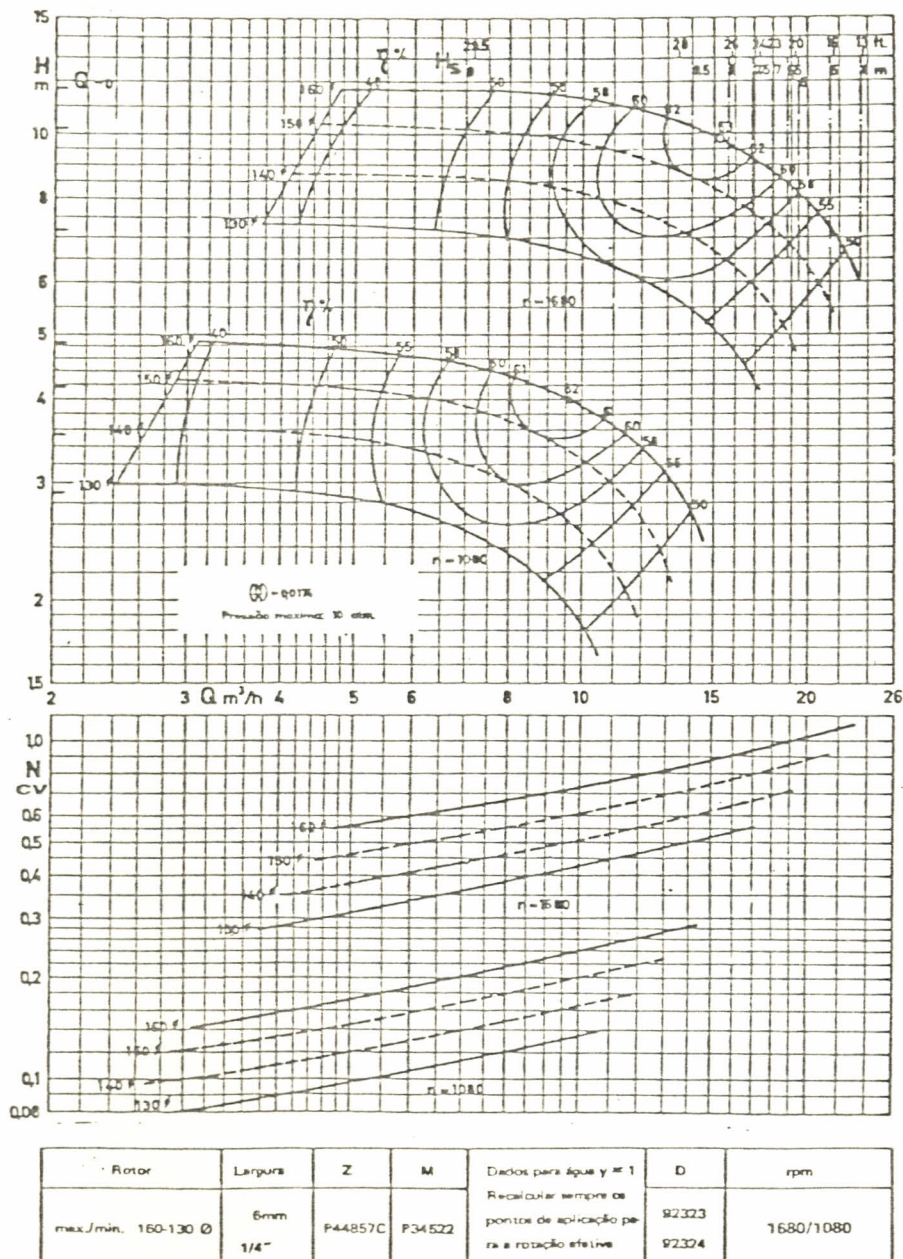
Pressão no início da linha principal

$$HLp = 0,43 + 0,38 - 0,36 = 0,45\text{m}.$$

18.d) Altura do reservatório

$$H_R = 1,10 \times HLp = 1,10 \times 0,45 = 0,50\text{m}.$$

Portanto, pode-se construir um reservatório com uma altura de 1,0m, o que permitirá o aumento da área irrigável.



ETA
40-16

Figura 5. Curvas características de bomba centrífuga KSB.

Dimensionamento de um projeto segundo a alternativa 3.

Assumindo os dados e cálculos do exemplo da alternativa 1, poderemos partir do item 19.d.

19.d) Dimensionamento da tubulação entre a fonte da água e o reservatório.

Assumindo-se que a vazão da bomba é de $45 \text{ m}^3/\text{h}$, tem-se que:

Para $\varnothing = 4''$ e $Q = 4,5 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow J = 3,5 \text{ m}/100 \text{ m}$.

$$H_f = \frac{3,5 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 102 \text{ m} = 3,57 \text{ m}.$$

$$\Delta S = 3 \text{ m} \times \frac{102 \text{ m}}{100 \text{ m}} = 3,06 \text{ m}.$$

Pressão no início da tubulação:

$$H_T = H_f + \Delta S + \text{alt. do reservatório} = 3,57 + 3,06 + 1,0 = 7,63 \text{ m}.$$

20.d) Altura manométrica necessária

$$H_m = (H_T + H_S) \times 1,155 = (7,63 + 3,0) \times 1,155 = 12,27 \text{ m}.$$

21.d) Seleção do conjunto de bombeamento

Condição: altura manométrica (12,27m) x vazão ($45 \text{ m}^3/\text{h}$).

Conclusão: conjunto motobomba composto de uma bomba centrífuga KSB, modelo ETA 50-20, rotor com 190 mm de \varnothing , 1680 rpm acoplado a um motor diesel yanmar modelo NSB-50.

TABELA . Custo de implantação de um sistema de irrigação por sulcos utilizando mangueira para módulos médios irrigáveis de 2,0 ha - julho/82 (Petrolina-PE)

ALTERNATIVA 3 - Tomada de água com necessidade de bombeamento e reservatório.

Espaçamento entre sulcos = 1,20 m

Tempo de irrigação por sulco = 6 min

Vazão aplicada por sulco = 1,0 l/s

Largura do módulo = 200 m

Frequência de irrigação = 6 dias

Comprimento do sulco = 12 m

Culturas: milho, feijão, tomate, fruteiras etc.

Nº de sulcos irrigados por vez = 8

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANT.	VALOR	
			Cr\$	U.S. \$*
- Mangueira plástica transparente c/1 1/2" de \varnothing e parede de 2 mm de espessura.	m	240	72.000,00	403
- Registro de gaveta c/1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	18.400,00	103
- Nípel de polietileno c/1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	600,00	3
- Braçadeira para mangueira plástica de 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	6.800,00	38
- Cano de PVC rígido tipo esgoto de 3 m de comprimento e 3" de \varnothing .	Unid.	161	94.829,00	531
- Anéis de vedação de borracha de 3" de \varnothing .	Unid.	181	5.430,00	30
- Tampão final de PVC rígido tipo esgoto de 3" de \varnothing .	Unid.	04	360,00	2
- Tê de PVC rígido tipo esgoto c/ redução de 3 para 1 1/2" de \varnothing .	Unid.	08	3.300,00	18
- Tê de PVC rígido tipo esgoto c/ 3" de \varnothing .	Unid.	06	2.400,00	13
- Curva de PVC rígido tipo esgoto com 3" de \varnothing .	Unid.	06	2.820,00	16
- Conjunto motobomba, composto de uma bomba centrífuga KSB, modelo ETA - 50-20 de 1680 rpm, e motor diesel de 5,5 cv.	Unid.	01	411.596,00	2.305
- Mangote de sucção com 5m de comprimento, 2" de \varnothing , válvula de pé, nípel e braçadeira.	Unid.	01	10.600,00	59
- Registro de gaveta de 2" de \varnothing .	Unid.	01	4.100,00	23
- Registro de gaveta de 3" de \varnothing .	Unid.	01	13.750,00	77
- Reservatório com capacidade de 50 m ³ .	Unid.	01	150.000,00	840
- Instalação do sistema.	H/D**	04	2.200,00	12
T O T A L			799.185,00	4.473

* 1 dólar = Cr\$ 178,57

ORTN = Cr\$ 1.976,41

** H/D = Homem/Dia = Cr\$ 550,00

(Diária - Petrolina-PE)

LITERATURA CONSULTADA

- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária. 1980, 436 p. ilustr.

- LOPEZ, J.R. Cálculos hidráulicos em instalaciones de riego localizado. Apostilas do II Curso Internacional de Riego Localizado. Instituto Nacional - Centro Regional de Canários - Departamento de Suelos y Riegos. Islas Canarias España. 1981, 69p.